

Rec'd PCT/PTO 07 JAN 2005

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
15. Januar 2004 (15.01.2004)

PCT

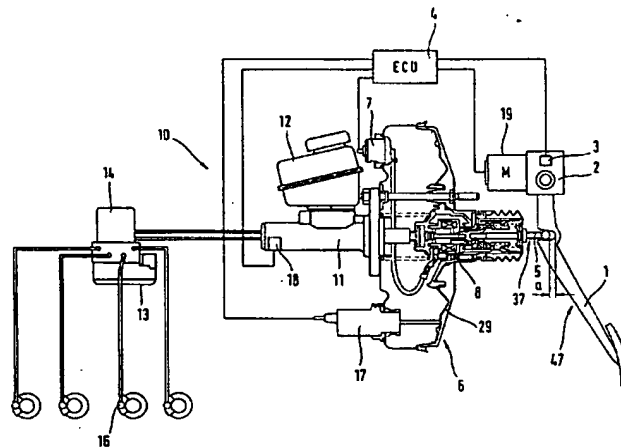
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/005095 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: B60T 8/40, 8/44 (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG [DE/DE]; Guerickestrasse 7, 60488 Frankfurt am Main (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/007406
- (22) Internationales Anmeldedatum: 9. Juli 2003 (09.07.2003) (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): VON HAYN, Holger [DE/DE]; Friedensstrasse 8a, 61118 Bad Vilbel (DE). SCHONLAU, Jürgen [DE/DE]; Mühlstrasse 62b, 65396 Walluf (DE). RÜFFER, Manfred [DE/DE]; Grüner Weg 3, 65843 Sulzbach (DE). RITTER, Wolfgang [DE/DE]; Burgstrasse 12, 61440 Oberursel/Ts. (DE). KLIMES, Milan [DE/DE]; Hahnheimer Strasse 14, 55270 Zornheim (DE). QUEISSER, Torsten [DE/DE]; Dietrichstrasse 2, 60439 Frankfurt (DE). ECKERT, Alfred [DE/DE];
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
102 30 865.9 9. Juli 2002 (09.07.2002) DE
103 23 825.5 23. Mai 2003 (23.05.2003) DE
103 24 503.0 28. Mai 2003 (28.05.2003) DE

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: BRAKE BY-WIRE ACTUATOR

(54) Bezeichnung: BY-WIRE-BREMSBETÄTIGUNGSVORRICHTUNG



(57) Abstract: The invention relates to a brake by-wire actuator for actuating the braking system of a motor vehicle, comprising at least one simulator (2) which can be impinged upon by a brake pedal (1), a signal of the actuation sensor (3) being supplied to an electronic control unit (4) which controls a pressure source according to the signal of the actuation sensor (3), one output of the pressure source being connected to a distributor device (10) for the braking force, and actuates individual wheel brakes (16) of the vehicle. Means are also provided to enable actuation of the brakes by muscular power within a recoil plane. In order to provide an improved recoil plane in a brake-by-wire actuator of the above-mentioned variety, free travel (a) is foreseen between a first actuation component (47), such as a brake pedal (1) or a component (36;21) connected thereto, and an actuation component (37) located downstream in the force flow such that the first actuation component (47) can be mechanically decoupled from force reactions occurring in the vehicle braking system in a by-wire mode.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine By-Wire-Bremsbetätigungsverrichtung zur Betätigung einer Kraftfahrzeug-bremsanlage, mit mittels einem Bremspedal (1) beaufschlagbarem Simulator (2), wobei ein Signal eines Betätigungssensors (3) eine elektronischen Steuerung (4) zugeführt wird, welche in Abhängigkeit von dem Signal des Betätigungssensors (3) eine Druckquelle ansteuert, und wobei ein Ausgang

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/005095 A1



Lion-Feuchtwanger Str. 137, 55129 Mainz-Hechtsheim
(DE). VON ALBRICHSFELD, Albricht [DE/DE];
Wilhelm Glässing Str. 34 a, 64283 Darmstadt (DE).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): JP, US.

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

der Druckquelle mit einer Verteilvorrichtung (10) für die Bremskraft verbunden ist, und einzelne Radbremsen (16) des Fahrzeugs betätigt, sowie mit Mitteln zur Ermöglichung einer muskelfraftbetriebenen Bremsbetätigung innerhalb einer Rückfallebene. Um bei einer by-wire-Bremsbetätigungsvorrichtung eine verbesserte Rückfallebene zu ermöglichen, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, zwischen einem ersten Betätigungsbauteil (47) wie insbesondere einem Bremspedal (1) oder einem daran angelenkten Bauteil (36;21) und einem im Kraftfluß nachgeschalteten Betätigungsbauteil (37) wie insbesondere einem Eingangsglied (5) einen Leerweg (a) vorzusehen, um das erste Betätigungsbauteil (47) in einem by-wire-Modus mechanisch von Kraftrückwirkungen der Kraftfahrzeugbremsanlage zu entkoppeln.

PC 10706

By-Wire-Bremsbetätigungsvorrichtung

Die Erfindung betrifft eine By-Wire-Bremsbetätigungsvorrichtung zur Betätigung einer Kraftfahrzeugbremsanlage, mit mittels einem Bremspedal beaufschlagbarem Simulator, wobei ein Signal eines Betätigungssensors einer elektronischen Steuerung zugeführt wird, welche in Abhängigkeit von dem Signal eine Druckquelle ansteuert, und wobei ein Ausgang der Druckquelle mit einer Verteilvorrichtung für die Bremskraft verbunden ist, und Radbremsen betätigt, sowie mit Mitteln zur Ermöglichung einer muskelkraftbetriebenen Bremsbetätigung innerhalb einer Rückfallebene.

Eine gattungsgemäße Bremsbetätigungsvorrichtung wurde bereits im Rahmen einer elektrohydraulischen Bremsanlage (EHB) vorgeschlagen. Die Vorrichtung beruht auf einer hydraulischen Entkopplung des Bremspedals von den hydraulischen Rückwirkungskräften des Bremssystems, indem elektromagnetische Trennventile vorgesehen sind, welche einen Hauptbremszylinder hydraulisch von dem Bremssystem abtrennen. Der Bremsdruck in den Radbremsen wird auf elektronischem Wege (by-wire) geregelt, indem das Signal des Betätigungssensors, welcher beispielsweise als Pedalwegsensoren ausgelegt ist, einer elektronischen Steuereinheit und nach Datenverarbeitung einer elektrohydraulisch arbeitenden Hydraulikeinheit (HCU) mit Elektromagnetventilen zugeführt wird, so daß in Abhängigkeit von dem Ausgangssignal der HCU unter Verwendung der Druckquelle einzelne oder alle Radbremsen mit einem geeigneten Bremsdruck beaufschlagt werden. Der Fahrzeugführer spürt dagegen lediglich die Rückwirkungskräfte eines Simulators.

Damit das Bremssystem auch in einem defektbedingten, stromlosen

Zustand betätigbar ist, bedient man sich einer sogenannten hydraulischen - da stromlosen - Rückfallebene, innerhalb derer die Bremsbetätigung unter Verwendung eines aufwändigen Sicherheitskonzeptes gewährleistet wird. Dabei ermöglichen vielfältige Sensorsignalauswertungsvorgänge Teilabschaltungen bestimmter Funktionen wie Bremsassistent, Fahrstabilitätsregelung (ESP) sowie schließlich eine Betätigung infolge Muskelkraft, indem der by-wire-Modus mit Simulatorfunktion abgeschaltet wird, und ein noch vorgesehener Tandemhauptbremszylinder hydraulisch mit den Radbremsen verbunden wird. Eine derartige Gestaltung der Rückfallebenen wird als unverzichtbar angesehen.

Derzeitige Entwicklungen der Fahrzeugtechnik ziehen jedoch auch regenerative Bremsmethoden in Erwägung, welche eine Umwandlung der zu verringernden kinetischen Fahrzeugenergie in elektrische Energie ermöglichen, indem ein Generator aufgeschaltet wird, welcher ein Bordnetz speist. Dies kann beispielsweise mit einer sogenannten Starter-Generator-Kombination (ISAD), mit Radnabenantrieben oder auf anderem Wege realisiert werden, so daß der Generatorbetrieb zumindest in einem gewissen Umfang Bremsfunktionen übernimmt. Diese Konstellation erfordert ein weiter entwickeltes Sicherheitskonzept für die Rückfallebene, denn beispielsweise selbst bei einer Undichtigkeit in Radbremskreisen oder einem Teilausfall von elektrischen Funktionen der elektrohydraulischen Fahrzeugbremsanlage können regenerative Bremsfunktionen, wie insbesondere der Generatorbetrieb, verfügbar sein.

Konventionelle Bremsanlagen werden nun so ausgelegt, daß kein oder kein nennenswerter Leerweg auftritt. Dadurch wird dem Fahrzeugführer das Gefühl gegeben, eine direkte und unmittelbare sowie gut dosierbare Bremswirkung zu erzielen, was

generell begrüßt wird. Dieses Verhalten ist bei by-wire-Bremsanlagen für den by-wire-Modus leicht machbar, nicht jedoch bei einem Wechsel in einen mechanischen Durchgriff innerhalb einer sogenannten mechanischen oder hydraulischen Rückfallebene.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine verbesserte by-wire Betätigungsverrichtung vorzuschlagen, welche zur Implementation in vielfältige, insbesondere auch regenerative Bremssysteme geeignet ist, und im by-wire-Modus wie auch in der mechanisch/hydraulischen Rückfallebene gute Betätigungseigenschaften zeigt.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst, indem zwischen einem Betätigungsbauteil wie einem Bremspedal oder einem an einem Bremspedal angelenkten Bauteil und einem weiteren, im Kraftfluß nachgeschalteten Betätigungsbauteil ein Leerweg (a) vorgesehen ist, um das Bremspedal in einem by-wire-Modus mechanisch von Krafterückwirkungen der Kraftfahrzeugbremsanlage zu entkoppeln. Folglich ist das Betätigungsbauteil geteilt ausgebildet, und die beiden Teile befinden sich im Abstand a zueinander, so daß der Kraftfluß unterbrochen ist. Die im Hauptanspruch angegebene Merkmalskombination schafft die Voraussetzung für eine mechanische Entkoppelung des Bremspedals von nachgeordneten Betätigungsbauteilen im by-wire-Modus bei gleichzeitig unmittelbarer Durchgriffsmöglichkeit in der Rückfallebene (non-by-wire-Modus).

Die Erfindung ermöglicht bei uneingeschränkter Funktionalität eine überraschend einfache by-wire-Bremsbetätigungsverrichtung. Bis zum Erreichen der hydraulisch/mechanischen Rückfallebene ist lediglich der Leerweg a zu überwinden, bevor ein Bremsdruckaufbau in den Radbremsen erfolgt. Mit anderen Worten

ist im By-Wire-Modus sicherzustellen, daß permanent ein ausreichender Abstand a zur mechanischen Entkopplung des Bremspedals gegeben ist.

Um das Betätigungsgefühl bei Aktivierung der muskelkraftbetriebenen Rückfallebene weiter zu verbessern, wird in vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung vorgeschlagen, dass ein Mittel vorgesehen ist, um den Leerweg nach Verlassen des by-wire-Modus und zu Beginn einer muskelkraftbetriebenen Bremsbetätigung automatisch zu reduzieren. Das Mittel kann beispielsweise mittels eines elektrischen, eines elektromagnetischen, eines hydraulischen, pneumatischen oder auch pyrotechnischen Aktuators angesteuert werden, welcher bei Signaländerung oder bei ausbleibender Bestromung automatisch in eine Schließstellung zur Reduktion des Leerweges gelangt. In der Schließstellung des Aktuators wird der Abstand a gewissermaßen abgebaut oder überbrückt. Der Leerweg a ist folglich nicht mehr zu überwinden, so daß sogar die Rückfallebene ein direktes Bremsgefühl bietet. Gleichzeitig sind aufgrund des vorgehaltenen Abstandes a im by-wire-Modus fremdbetätigte Zustände möglich, ohne irgendwelche direkten Kraftrückwirkungen an den Fahrzeugführer weiter zu geben. Deren Erzeugung bleibt dem Simulator vorbehalten.

Nach einer ersten konstruktiven Ausgestaltung der Erfindung ist das Mittel als Kupplung zwischen zwei Betätigungsbauteilen vorgesehen. Die Kupplung kann als aktives Element über einen blockförmigen Körper verfügen, welcher beispielsweise Keilform aufweist, und als Schieber vorgesehen ist, der in den Leerweg a zwischen den Betätigungsbauteilen formschlüssig bringbar ist, und daher den Leerweg überbrückt. Weiterhin kann die Kupplung eine Feder zur elastischen Vorspannung des blockförmigen Körpers sowie einen Elektromagneten zum Rückführen oder

Rückhalten des blockförmigen Körpers in der Öffnungsstellung aufweisen. Durch die Verwendung der Feder zum Schließen des Kraftfluß strebt die Kupplung beim unbestromten Zustand automatisch in die Schließstellung.

Vorzugsweise ist eine Kupplung vorgesehen ist, die durch einen Befehl zur mechanischen Ankoppelung des Bremspedals an das Betätigungsbauteil, insbesondere bei einem Ausfall des Verstärkers, das Bremspedal in seiner zum Zeitpunkt des Betätigungswunsches gegenüber dem nachgeschalteten Betätigungsbauteil befindlichen Lage an dieses direkt mechanisch ankoppelt. Der Angriffspunkt des Bremspedals wird nicht an den Angriffspunkt des Betätigungsbauteiles in dessen Längsrichtung herangeführt, sondern das Bremspedal greift unmittelbar an der Stelle an, an der sich das Betätigungsbauteil augenblicklich befindet. Dies kann beispielsweise durch eine radial bewegte Klaue oder den beschriebenen Keil geschehen, welcher die beiden Betätigungsbauteile in der Lage miteinander verbindet, in der sie sich gerade befinden.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform einer Kupplung ist das Bremspedal mit einer in ihrer Längsrichtung drehbar gelagerten Kupplungswelle als Betätigungsbauteil verbunden, welches in Abhängigkeit von seiner relativen Drehlage zu einem nachgeschalteten Betätigungsbauteil entweder relativ zu diesem in Betätigungsrichtung längsverschiebbar ist, oder aber unverschieblich in axialer Richtung in Eingriff steht. Dabei ist die Kupplungswelle als auch das Betätigungsbauteil mit in deren Längsrichtung in einer Reihe hintereinander liegenden Vorsprüngen versehen, wobei in einer ersten Drehlage der Kupplungswelle gegenüber dem Betätigungsbauteil die Vorsprünge von der Kupplungswelle und dem Betätigungsbauteil außer

Eingriff sind und wobei bei einer zweiten Drehlage mindestens ein Vorsprung der Kupplungswelle mit einem Vorsprung des Betätigungsbauteiles in Eingriff ist. Mit den genannten Merkmalen ist der Kraftfluß zwischen den getrennten Betätigungsbauteilen für die Rückfallebene in äußerst kurzer Zeit durch eine einfache Drehbewegung arretierbar oder lösbar.

Wenn in einem vorgegebenen Winkel-Abstand über einen Umfang der Betätigungsbauteile (der Kupplungswelle) verteilt mehrere Reihen von Vorsprüngen vorgesehen sind, wird insbesondere die Übertragung großer Kräfte bei raumsparender Bauweise ermöglicht.

In weiterhin vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung ist die Kupplungswelle mit einer zum nachgeschalteten Betätigungsbauteil hin offenen Längsbohrung versehen, in welche ein Ende dieses Betätigungsbauteiles ragt und dass Mantelflächen des Endes des Betätigungsbauteiles und der Längsbohrung in der Kupplungswelle die Vorsprünge tragen.

Vorteilhafter Weise ist die Kupplung mit einer Feder versehen, die sich mit ihrem ersten Ende an einem Gehäuse der Kupplung und mit ihrem zweiten Ende an einem Übertragungsglied abstützt, wobei das Übertragungsglied mit der in ihrer Längsrichtung drehbar gelagerten Kupplungswelle verbindbar ist, wobei die Kupplungswelle gegen das Übertragungsglied in Abhängigkeit von ihrer Drehlage gegenüber dem Übertragungsglied längs verschiebbar ist oder mit dem Übertragungsglied in axialer Richtung über Vorsprünge in Eingriff steht.

Die Kupplungswelle ist in mindestens einer ersten Drehlage in Eingriff mit dem Betätigungsbauteil und außer Eingriff mit dem Übertragungsglied und in mindestens einer zweiten Drehlage

außer Eingriff mit dem Betätigungsbauteil und in Eingriff mit dem Übertragungsglied.

Eine besonders einfache mechanische Kupplung zwischen nachgeschalteten Betätigungsbauteil und Bremspedal wird dadurch erreicht, dass das Bremspedal mit einer in ihrer Längsrichtung drehbar gelagerten Kupplungswelle verbunden ist, die gegen das Betätigungsbauteil in Abhängigkeit von ihrer Drehlage gegenüber dem Betätigungsbauteil längs verschiebbar ist oder mit dem Betätigungsbauteil in axialer Richtung in Eingriff steht. Es findet hier also keine radiale oder axiale Bewegung eines Koppelgliedes statt, sondern eine mechanisch einfacher zu erreichende Drehbewegung.

Die mechanische Koppelung soll unabhängig davon durch eine Drehbewegung erreicht werden, in welcher Lage zueinander sich Betätigungsbauteil und Bremspedal befinden. Eine einfache Lösung hierzu wird gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ermöglicht, indem sowohl die Kupplungswelle als auch das Betätigungsbauteil mit in deren Längsrichtung in einer Reihe hintereinander liegenden Vorsprüngen versehen sind, wobei in einer ersten Drehlage der Kupplungswelle gegenüber dem Betätigungsbauteil die Vorsprünge von Kupplungswelle und Betätigungsbauteil außer Eingriff sind und wobei bei einer zweiten Drehlage mindestens ein Vorsprung der Kupplungswelle mit einem Vorsprung des Betätigungsbauteiles in Eingriff ist.

Um die in Längsrichtung übertragbare Kraft zwischen Bremspedal und Betätigungsbauteil zu erhöhen, sind in einem vorgegebenen Winkel-Abstand über einen Umfang des Betätigungsbauteiles und der Kupplungswelle verteilt mehrere Reihen von Vorsprüngen vorgesehen.

Zur Übertragung der Kraft von dem Bremspedal auf das Betätigungsbauteil dient die Kupplungswelle. Um eine Zentrierung zu erreichen, empfiehlt es sich in Weiterbildung der Erfindung, dass die Kupplungswelle mit einer zum Betätigungsbauteil hin offenen Längsbohrung versehen ist, in welche ein Ende des Betätigungsbauteiles ragt und dass Mantelflächen des Endes des Betätigungsbauteiles und der Längsbohrung in der Kupplungswelle die Vorsprünge tragen. Das Betätigungsbauteil und die Kupplungswelle sind somit zentriert ineinander längs verschiebbar geführt.

Da die Radbremsen im by-wire-modus elektrisch angesteuert werden, fehlt eine rückwirkende Kraft des Hauptbremszylinders bzw. des nachgeschalteten Betätigungsbauteiles auf das Bremspedal. Um diese Kraft nachzubilden, wird ein entsprechender Kraftgeber (Simulator, Force-Feedback-Pedal) eingesetzt, beispielsweise eine Feder oder einen Motor, die in geeigneter Weise auf das Bremspedal entgegen dessen Betätigungsrichtung einwirken. Vorzugsweise wird dies dadurch erreicht, dass die Kupplung mit einer Druck-Feder versehen ist, die sich mit einem ersten Ende an einem Gehäuse der Kupplung und mit einem zweiten Ende an einem Übertragungsglied abstützt, wobei das Übertragungsglied mit der in ihrer Längsrichtung drehbar gelagerten Kupplungswelle verbindbar ist, wobei die Kupplungswelle gegen das Übertragungsglied in Abhängigkeit von ihrer Drehlage gegenüber dem Übertragungsglied längs verschiebbar ist oder mit dem Übertragungsglied in axialer Richtung in Eingriff steht.

Um nun zu verhindern, dass bei dem Eintreten in die Rückfallebene das Bremspedal sowohl gegen den Hauptbremszylinder als auch gegen den Kraftgeber (Druck-Feder) wirken muss, steht in vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung

die Kupplungswelle in mindestens einer ersten Drehlage in Eingriff mit dem Betätigungsbauteil und außer Eingriff mit dem Übertragungsglied und in mindestens einer zweiten Drehlage außer Eingriff mit dem Betätigungsbauteil und in Eingriff mit dem Übertragungsglied. Damit wirkt die mit dem Bremspedal verbundene Kupplungswelle entweder im Normalfall nur auf die Druck-Feder oder in der Rückfallebene nur auf das Betätigungsbauteil ein.

Als Druckquelle können grundsätzlich unterschiedlichste Vorrichtungen Verwendung finden. Beispielsweise kann ein hydraulischer Verstärker mit mindestens einer hydraulischen Pumpe vorgesehen sein, welche im by-wire-Modus durch elektrische Signale ansteuerbar ist. Innerhalb der Rückfallebene erfolgt die Betätigung der Radbremsen muskelkraftabhängig sowie hydraulisch über einen Hauptbremszylinder. Um eine impulsartige Druckabgabe der grundsätzlich trägheitsbehaftet wirksamen Pumpe zu ermöglichen, speist die Pumpe einen Hochdruckspeicher.

Gemäß einer anderen Alternative weist die Druckquelle einen pneumatischen Verstärker und zusätzlich eine hydraulische Pumpe auf, welche beispielsweise bei Defekt des pneumatischen Verstärkers oder bei nicht ausreichender Verstärkung angesteuert wird. Außerdem kann als Druckquelle ein sogenannter aktiver - d. h. fremdansteuerbarer - pneumatischer Verstärker vorgesehen sein, welcher im by-wire-Modus durch elektrische Signale und in der Rückfallebene mechanisch durch die Betätigungsbauteile ansteuerbar ist.

Es ist ferner möglich, zur Verstärkung einen elektromotorisch betätigbaren Hauptbremszylinder vorzusehen.

Die nachstehenden Vorteile gelten für alle Verstärkerbauformen und werden exemplarisch am Beispiel eines pneumatischen Bremskraftverstärkers erläutert. Der Vorteil eines pneumatischen Verstärkers in Kombination mit einem elektromechanisch angesteuerten Simulator besteht darin, dass sich die Lage eines Betätigungsbauteiles des Verstärkers, welches wiederum von der Lage des Membrantellers des Verstärkers abhängt, in Abhängigkeit von der Lage des Bremspedals und damit des Ausgangssignals Betätigungssensors durch eine Programmierung in gewünschter Weise festlegen lässt. Mit anderen Worten kann der Leerweg a in Abhängigkeit von sensorisch erfassten Randbedingungen auf vorbestimmte Werte eingestellt werden.

Wie schon erläutert lassen sich einzelne Stellungen des Bremspedals einer zugehörigen Lage des nachgeschalteten Betätigungsbauteiles und damit insbesondere der Lage des Membrantellers des pneumatischen Verstärkers zuordnen. Im Ergebnis lässt sich Bremspedalweg verkürzen und die Leerwege können so gering wie nötig gestaltet werden. Umgekehrt kann lediglich geringfügigen Bewegungen des bremspedalseitigen Betätigungsbauteiles aus dessen Null-Lage heraus hinreichende Verschiebungen des Membrantellers und damit des Betätigungsbauteiles des Verstärkers zugeordnet werden. Mit anderen Worten wird in jedem Falle ein hinreichender Abstand a generiert.

Auch die mittels einer sogenannten optimierten hydraulischen Bremsanlage unter Vakuumbremskraftverstärkereinsatz (OHV) erreichbaren Funktionen lassen sich mit der erfindungsgemäßen Betätigungsvorrichtung durchführen. Bei OHV-Systemen wird eine

nicht ausreichende Vakuumbremskraftverstärkerfunktion durch andere Mittel kompensiert. Beispielsweise wird anhand geeigneter Sensorik der Differenzdruck in pneumatischen Verstärkerdruckkammern und zusätzlich der im Bremssystem von dem pneumatischen Verstärker generierte hydraulische Bremsdruck gemessen und mit einem Fahrerwunsch verglichen. Der Fahrerwunsch ist beispielsweise über die Betätigungsstellung des Bremspedals abgreifbar. Weicht jedoch der gemessene Bremsdruck von dem Fahrerwunsch hinreichend ab, so wird eine hydraulische Pumpe oder ein anderes Organ angesteuert, um für den Ausgleich des Druckdefizites zu sorgen.

Wenn der Vakuumbremskraftverstärker, der Hauptbremszylinder oder die nachgeschaltete Verteilvorrichtung mit einem geeigneten Sensor versehen wird, beispielsweise ein Drucksensor im Hauptbremszylinder, so lässt sich hierdurch ebenfalls der Systemdruck ermitteln und die OHBV-Funktion ermöglichen. In bezug auf den Vakuumbremskraftverstärker können Sensoren eingesetzt werden, welche beispielsweise eine Verschiebung eines Membrantellers mittels eines Wegsensors ermitteln, oder durch Einsatz eines Drucksensors zur Ermittlung eines Druckes auf ein elastisches Reaktionselement (Reaktionsscheibe) des Verstärkers. Dabei kann das Signal des Wegsensors zur Ermöglichung einer Bremsassistentenfunktion (BA) herangezogen werden.

Vorteilhaft ist weiterhin, dass die von dem Simulator auf das Bremspedal ausgeübte Rückwirkung in Abhängigkeit von der Verstärkung des Verstärkers bzw. dem Ausgangsdruck des Hauptbremszylinders infolge Programmierung beliebig einstellbar ist. So kann beispielsweise das Anlaufen der Pumpe bei zu geringem Ausgangsdruck oder das nicht Erreichen eines Sollwertes durch Erhöhung der Rückwirkungskraft von dem

Simulator auf das Bremspedal an den Fahrer gemeldet werden (beispielsweise durch verstärktes Zurückdrängen). Selbstverständlich ist es auch möglich, lediglich das ergänzende Verstärkungsmittel zuzuschalten und auf eine Rückmeldung zu verzichten, um den Fahrer nicht zu beunruhigen.

Selbstverständlich sind als Ersatz für das Zurückdrängen auch anderer Anzeigemöglichkeiten denkbar wie beispielsweise eine optische Warnung oder eine akustischer Warnung unter Verwendung entsprechender Anzeigeelemente.

Durch die Möglichkeit der Programmierung des gewünschten Verstärkeroutput in Abhängigkeit von der Stellung des Bremspedals lässt sich auch das Bremspedalgefühl bzw. die Gesamtverstärkung (Summe von beispielsweise Vakuumbremskraftverstärkerwirkung und zusätzlicher Verstärkerwirkung) beliebig den Wünschen anpassen. So kann beispielsweise das Verstärkungsverhältnis (Ausgangskraft im Verhältnis zur Eingangskraft) bei niedrigeren Bremskräften im Sinne einer besseren Dosierbarkeit niedrig gehalten werden, während bei mittleren Bremskräften ein hohes Verstärkungsverhältnis gewählt werden kann, was dann beim Übergang in den Aussteuerpunkt des Bremskraftverstärkers (Sättigung) allmählich zurückgeführt wird, um einen scharfen Knick und Dosierungsprobleme zu vermeiden.

Ein besonders großer Vorteil der Erfindung wird dadurch erreicht, dass im Falle des Ausfalls von elektrischen Ansteuerungssignalen eines aktiven Vakuumbremskraftverstärkers, insbesondere bei einem Ausfall einer Energieversorgung der Bremsbetätigungsverrichtung, der Verstärker direkt mechanisch ansteuerbar ist, womit bei Ausfall der Elektronik eine gesicherte Rückfallebene vorliegt. In diesem Fall arbeitet ein

pneumatischer Verstärker wie ein üblicher pneumatischer Bremskraftverstärker, bei hydraulischen Verstärkern tritt das hydraulische Übersetzungsverhältnis im Hauptbremszylinder in Aktion.

In Abhängigkeit von den zur Verfügung gestellten Sensoren kann auch eine Stufung der Rückfallebenen vorgesehen werden. Fällt beispielsweise einer von zwei Bremskreise aus, so kann die Verstärkung so eingerichtet werden, dass dem intakten Bremskreis eine höherer Bremsdruck zugeführt wird. Wenn sich das Fahrzeug im Grenzbereich der Fahrstabilität befindet, empfiehlt sich der Einsatz von Antiskid-Maßnahmen wie Antiblockiersystem (ABS) oder Elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP). Vorteilhafterweise wird der Ausfall eines Bremskreises eine Warnung des Fahrers durch obengenannte Anzeigeelemente auslösen.

Auch für ESP-Funktionen ist die erfindungsgemäße Bremsbetätigungsverrichtung mit großem Vorteil einsetzbar. Da die ESP-Funktionalität auf einer, die Fahrstabilität gefährdende Geschwindigkeit beruht, und eine radindividuelle Betätigung ohne Bremswunsch erfordert, kommt es auf besonders schnelle Druckpule an ausgewählten Radbremsen an. Dies wird erfindungsgemäß gewährleistet, indem ein gesonderter Verstärker wie insbesondere ein pneumatisch arbeitender Verstärker, ein hydraulischer Verstärker oder ein sonstiges Mittel zugeschaltet wird. Die Verhältnisse sind in etwa vergleichbar einer Antriebs-Schlupf-Regelung (ASR), innerhalb derer Antriebsschlupf durch Brems- und ggf. Motorreingriff reduziert werden soll.

Die erfindungsgemäße Bremsbetätigungsverrichtung lässt weiterhin zu, dass der Verstärker auch in Abhängigkeit von weiteren, unabhängig von der Lage des Bremspedalhebels

auftretenden Parametern angesteuert werden kann, wie beispielsweise ABS, ESP, Intelligente Geschwindigkeits-Regelung (ICC), ASR und anderen Signalen, die durch den Fahrzustand des Fahrzeugs oder einen Fahrerwunsch wie beispielsweise das Anfahren am Berg ausgelöst werden.

Bei Verwendung eines aktiven Vakuumbremskraftverstärkers ist erfindungsgemäß kein Hochdruckspeicher erforderlich und die Herstellung des Bremssystems erfolgt kostengünstig bei raumsparender Anordnung. Sensorsignale werden einer zentralen Steuereinheit zugeführt, und der Sensorbedarf ist generell gering. Für die meisten der genannten Funktionen genügt ein Weg- oder Drehwinkelsensor am Bremspedal zur Feststellung des Fahrerwunsches, und der beschriebene Wegsensor zum Feststellen der Lage des Membrantellers und deren Abweichung zwecks Regelung des Verstärkers bzw. zur Feststellung des OHBV-Falles, sowie ein hydraulischer Drucksensor in mindestens einem Bremskreis zur Ermittlung des Istwertes im Bremssystem und zur Feststellung der Abweichung des Ist-Wertes von dem Fahrerwunsch unter Berücksichtigung von Sicherheitsmaßnahmen und dem OHBV-Modus. Wenn ein sogenanntes Force-Feedback-Pedal Verwendung findet, kann dem Force-Feedback-Aktuator (Rückwirkungskrafterzeuger) ein Drehwinkel- oder Wegsensor zugeordnet werden, so daß im Pedalbereich insgesamt zwei Drehwinkel bzw. Wegsensoren vorgesehen sind, deren Signale der zentralen Steuereinheit zugeführt werden.

Ein pneumatischer Bremskraftverstärker kann zusätzlich über einen pneumatischen Drucksensor oder Differenzdrucksensor verfügen, welcher den pneumatischen Druckes bzw. eine Druckdifferenz zwischen pneumatischen Kammern sensiert.

Auf Grund aller Sensorinformationen ist die elektronische

Steuereinheit in der Lage, eine Fehlfunktion wie beispielsweise Lufteinschluss oder Kreisausfall in einem Bremskreis oder der gesamten Bremsanlage zu erkennen und geeignete Gegenmaßnahmen, wie insbesondere die Rückfallebene, auszulösen.

Zusätzlich erlaubt es die oben genannte Sensorik, den Aussteuerpunkt des Verstärkers oder einen nicht ausreichenden Unterdruck in einer Unterdruckkammer zu erkennen und über die Elektronikeinheit die hydraulische Pumpe zwecks zusätzlicher Verstärkung zu starten.

Im Zusammenhang mit dem Hauptanspruch wurde erläutert, dass die Erfindung eine mechanische Entkopplung des Bremspedals ermöglicht. Da die Erfindung voraussetzt, dass der Verstärker nicht nur in der Rückfallebene über das Bremspedal mechanisch angesteuert werden kann, sondern im by-wire-Modus durch ein elektrisches Betätigungssensor-Signal, ist es durch eine entsprechende Programmierung immer möglich, den Verstärker durch eine geeignete Verstärkung des elektrischen Signals derart anzusteuern, dass sein Betätigungsbauteil vor dem mechanischen Angriffspunkt des Bremspedals in einem vorbestimmten Abstand a voraus läuft. Das Betätigungssensor-Signal ist dabei von der Lage des Bremspedals abhängig, so dass bei einer bestimmten Verschiebung des Bremspedals der Verstärker auch um einen vorgegebenen Betrag angesteuert wird und damit sein Betätigungsbauteil um einen entsprechenden Weg mitnimmt. Dieser Weg wird nun so gewählt, dass zwischen dem mechanischen Angriffspunkt des Bremspedals am Betätigungsbauteil und dem Betätigungsbauteil selbst immer ein bestimmter Abstand a bleibt, was zur mechanischen Entkoppelung zwischen Bremspedal und Betätigungsbauteil führt.

Für den Fall, dass beispielsweise die Energieversorgung für den

Verstärker oder die Arbeitsweise des Verstärkers selbst gestört ist, wird der Leerweg überbrückt und das Bremspedal wirkt nunmehr zumindest mittelbar mechanisch auf das Betätigungsbauteil des Verstärkers ein. Es ist also auch in diesem Fall für den Fahrer noch möglich, die Bremse zu betätigen, wobei allerdings die verstärkende Kraft des Verstärkers nicht mehr gegeben ist. Dieser Zustand wird als Rückfallebene bezeichnet, weil die Bremsbetätigungsvorrichtung in der genannten Notsituation von der elektrischen Ansteuerung des Verstärkers (by wire) auf die direkte mechanisch/hydraulische Ansteuerung zurück fällt.

Die oben genannten Bremssysteme basieren ganz generell auf dem elektrohydraulischen Prinzip in Bezug auf alle Radbremsen. Es versteht sich jedoch, daß die Erfindung mit besonderem Vorteil auch bei sogenannten Hybridsystemen eingesetzt werden kann, bei denen beispielsweise ein Paar hydraulischer Radbremsen für eine Vorderachse und ein Paar elektromechanischer Aktuatoren für eine Hinterachse vorgesehen sind. Derartige Systeme sind sogar auf Basis einer 12(14)-Volt-Bordnetzstruktur darstellbar, und verfügen über den Vorteil, daß bei Stromausfall in einer Rückfallebene dennoch die hydraulischen Radbremsen der Vorderachse direkt betätigbar sind.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung erläutert. Darin zeigt jeweils schematisch

Fig. 1 eine erste Ausführungsform einer Bremsbetätigungsvorrichtung mit Vakuumbremskraftverstärker in einem unbetätigten Zustand,

Fig. 2 die Bremsbetätigungsvorrichtung nach Fig. 1 im Arbeitszustand,

Fig. 3 eine Ansicht einer leerwegreduzierten Ausführungsform,

Fig. 4 einen Schnitt durch die Ausführungsform nach Figur 3,

Fig. 5 einen Schnitt durch eine zweite leerwegreduzierte Ausführungsform,

Fig. 6 und 7 Skizzen zur Verdeutlichung einer dritten leerwegreduzierten Ausführungsform, und

Fig. 8 eine Anwendung einer Bremsbetätigungsvorrichtung bei einem Hybridbremssystem.

Eine Bremsbetätigungsvorrichtung besitzt gemäß Fig. 1 ein Bremspedal 1 welches mit einem Simulator 2 versehen ist. Der Simulator 2 weist wenigstens einen, vorzugsweise zwei redundant vorgesehene Betätigungssensoren 3 auf, deren Ausgangssignale einer elektronischen Steuerung 4 (ECU) zugeführt werden. Das Bremspedal 1 lässt sich über ein Betätigungsbauteil 5 eines pneumatischen Verstärkers 6 mechanisch mit dem Verstärker 6 koppeln. Eine derartige Verbindung ist bei den bekannten pneumatischen Verstärkern 6 üblich, da sie durch das Bremspedal 1 über das Betätigungsbauteil 5 mechanisch analog angesteuert werden. Für den Fall, dass die Elektronikeinheit 4 ausfällt, ist eine derartige Ansteuerung auch bei der erfindungsgemäßen Bremsbetätigungsvorrichtung möglich und bildet eine sichere Rückfallebene. Der Verstärker 6 ist außer über das Betätigungsbauteil 5 aber auch durch ein Ausgangssignal der elektronischen Schaltung 4 über einen Anschluss 7 elektrisch ansteuerbar. Das geschieht mittels eines magnetischen Antriebs

8, der an dem Betätigungsbauteil 5 angreift und der über den Anschluss 7 mit Stromsignalen versorgt wird.

Zu einer Verteilvorrichtung 10 der Bremsbetätigungsvorrichtung gehören ein Hauptbremszylinder 11 mit einem zugehörigen Behälter 12 und eine Ventilschaltung 13, die gegebenenfalls mit einer Pumpe oder einem Pumpenmotor 14 versehen ist. Von Ausgängen der Ventilschaltung 13 werden Radbremsen 16 betätigt. Der Verstärker 6 ist mit einem Wegsensor 17 versehen, während der Hauptbremszylinder 11 an seinem Ausgang einen Drucksensor 18 aufweist.

Der Simulator 2 kann mechanisch ausgebildet sein, und beispielsweise eine Feder aufweisen. Darüber hinaus ist es möglich, den Simulator zwecks einfacherer Abänderung der Kennlinie elektrisch anzusprechen, indem man ihn mit einem Motor 19 versieht, durch welchen die gewünschte Rückwirkungskraft auf das Bremspedal 1 ausgeübt wird. Hierdurch wird ermöglicht, daß der Fahrer die Wirkung der Bremse in bekannter Weise kraftabhängig dosieren kann, selbst wenn das Bremspedal 1 (im by-wire-Modus) von dem Bremssystem mechanisch entkoppelt ist.

Fig. 2 zeigt die im by-wire-Modus erwünschte mechanische Entkoppelung des Bremspedals 1 von dem Verstärker 6 bzw. dessen Eingangsglied 5. Wird in diesem Zustand das Bremspedal 1 betätigt, so gibt der Betätigungssensor 3 an die Elektroneinheit 4 ein Signal ab, welches die Winkelstellung des Bremspedals 1 beschreibt. Durch ein, in der elektronischen Steuerung 4 gespeichertes entsprechendes Programm wird in Abhängigkeit von dem Ausgangssignal des Betätigungssensors der magnetische Antrieb 8 betätigt. Dies entspricht einer bestimmten mechanischen Eingangskraft am Betätigungsbauteil 5,

wie sie bei den üblichen Verstärkern 6 durch das Bremspedal 1 ausgeübt wird. Durch das gespeicherte Programm kann über den elektromagnetischen Antrieb 8 einer Bewegung des Bremspedals 1 eine entsprechende Bewegung des Betätigungsbauteiles 5 in weiten Grenzen zugeordnet werden. Diese Bewegung wird dabei so gewählt, dass das Betätigungsbauteil 5 einen hinreichend kleinen Abstand a von dem Bremspedal behält, so dass das Betätigungsbauteil von dem Bremspedal 1 mechanisch entkoppelt ist.

Mit Hilfe des Wegsensors 17 kann der von einem Membranteller 29 des Verstärkers 6 tatsächlich zurückgelegte Weg bestimmt werden, wodurch der Verstärker 6 auf den gewünschten Wert geregelt werden kann. Weicht dieser gemessene Weg von dem durch die Elektroneinheit 4 vorgegebenen Weg dauerhaft hinreichend ab, beispielsweise durch einen Ausfall oder einen Fehler im Bremssystem, so wird ein Fehlersignal gemeldet, welches geeignete Prozesse in dem Bremssystem auslöst. In entsprechender Weise wirkt der Drucksensor 18 im oder am Ausgang des Hauptbremszylinders 11.

Die Funktionsweise der Erfindung lässt sich somit kurz wie folgt angeben. Ein elektromechanisches Stellglied zur Erzeugung der Bremspedalsimulationskraft erkennt mittels der geeigneten Sensorik 3 den Fahrerwunsch und übermittelt diesen der ECU 4, die wiederum den fremd ansteuerbaren Verstärker 6 ansteuert. Der Verstärker 6 läuft schneller in Richtung des Hauptbremszylinders 11 als das Bremspedal 1, somit erzeugt der Simulator 2 über den Motor 19 eine Gegenkraft zur Fahrerfußkraft und der Fahrer ist unter normalen Umständen entkoppelt wie bei einem "brake-by-wire"-System. Die Eingangskraftcharakteristik und das Verzögerungsverhalten sind frei und unabhängig voneinander programmierbar. Fallen ECU 4

oder Simulator 2 aus, kann das System wie eine konventionelle Bremsanlage betrieben werden.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Fig. 3 und 4 zeigt eine Kupplung 20 mit gleichzeitiger Simulatorfunktion, wobei das Betätigungsbauteil 5, welches zur Betätigung des sowohl elektrisch als auch mechanisch ansteuerbaren Verstärkers 6 oder zur Ansteuerung des Hauptbremszylinders 11 bzw. eines Tandem-Hauptbremszylinders dienen kann. Wesentlich ist, dass das Betätigungsbauteil 5 in seiner Lage durch Steuersignale der ECU 4 verändert werden kann, was auf Signale des Betätigungssensors zurückgeht. Dies kann beispielsweise dadurch geschehen, dass der Verstärker 6 infolge der Signale des Betätigungssensors angesteuert wird oder dass der Hauptbremszylinder 11 folglich durch die Druckerhöhung einer hydraulischen Pumpe beaufschlagt wird, wobei die Pumpe wiederum von der ECU 4 angesteuert wird. Somit hängt die Lage des Betätigungsbauteiles 5 von dem Ausgangssignal des Betätigungssensors ab. Das Ausgangssignal des Betätigungssensors ist wiederum von der Lage des Bremspedals 1 abhängig. Ein hierzu notwendiger Wegsensor ist in Fig. 3 nicht dargestellt.

Die in Fig. 3 gezeigte Kupplung 20 schafft die Möglichkeit, wahlweise das Bremspedal 1 mit dem Betätigungsbauteil 5 mechanisch zu koppeln oder diese Kopplung aufzuheben. Wichtig dabei ist, dass das Betätigungsbauteil 5 und eine Kupplungswelle 21 der Kupplung 20 beim Übergang zu der mechanischen Kopplung in der zueinander befindlichen axialen Lage miteinander verbunden werden, in der sie sich gerade befinden, wenn der Befehl zur mechanischen Kopplung eintritt. Hierzu ist eine Mantelfläche 35 eines Endes des Betätigungsbauteiles 5 mit Reihen 22 von hintereinander liegenden Vorsprüngen 23 versehen, denen entsprechende Reihen

31 von Vorsprüngen 30 an einer Mantelfläche 24 einer Längsbohrung 25 in der Kupplungswelle 21 zugeordnet sind. Diese Reihen 22,31 sind sowohl auf der Mantelfläche 24 als auch am Ende des Eingangsgliedes 5 in gleichen Winkelabständen auf der Oberfläche gleichmäßig verteilt. Die Abstände der Vorsprünge 23,30 sind dabei derart gewählt, dass bei entsprechender Drehlage von Betätigungsbauteil 5 und Kupplungswelle 21 die Vorsprünge 23,30 der genannten Bauteile fluchtend hintereinander liegen können. In diesem Falle findet eine Hinterschneidung der Vorsprünge 23,30 von Betätigungsbauteil 5 und Kupplungswelle 21 statt, so dass diese beiden Bauteile in axialer Richtung miteinander gekoppelt sind. Werden Betätigungsbauteil 5 und Kupplungswelle 21 um einen geeigneten Winkelbereich aus dieser Lage verdreht, so liegen die Vorsprünge 30 der Kupplungswelle 21 in den zwischen den Reihen 22 liegenden, von Vorsprüngen 23 freien Bereichen des Betätigungsbauteiles 5, so dass die beiden Bauteile in dieser Lage in Längsrichtung nicht miteinander gekoppelt sind.

Im Normalbetrieb, bei der das Betätigungsbauteil 5 von der Kupplungswelle 21 entkoppelt ist, liegt zwischen dem Ende des Betätigungsbauteiles 5 und einer zugehörigen Anlagefläche an der Kupplungswelle 21 ein Abstand a vor. Im Normalbetrieb soll weiterhin eine rückwirkende Kraft auf das Bremspedal 1 ausgeübt werden. Das geschieht dadurch, dass die Kupplungswelle 21 mit einem als Hülse ausgebildeten Übertragungsgliedes 26 gekoppelt ist. Es wird also sichergestellt, dass in der Drehlage, in der das Betätigungsbauteil 5 von der Kupplungswelle 21 entkoppelt ist, eine Kopplung zwischen der Kupplungswelle 21 und Übertragungsglied 26 stattfindet. Die Kopplung kann dabei durch geeignete Vorsprünge 33,34 auf einer äußeren Mantelfläche der Kupplungswelle 21 sowie an einer inneren Mantelfläche der Übertragungsglied 26 geschehen, wie dies im Zusammenhang mit

Druckstange und Kupplungswelle weiter oben erörtert wurde. Ist die Kupplungswelle 21 mit der Übertragungsglied 26 in Längsrichtung mechanisch verbunden, so wirkt eine Konsole 27 der Übertragungsglied 26 auf eine Feder 28, welche sich an einem Gehäuse 32 der Kupplung 20 abstützt und wodurch die gewünschte Simulator-Kraft ausgeübt wird.

Wird bei dem Bremssystem die Rückfallebene eingestellt, so wird die Kupplungswelle 21 gegenüber dem Eingangsglied 5 um einen geeigneten Betrag verdreht, wodurch die Kupplungswelle 21 mit dem Betätigungsbauteil 5 gekoppelt, aber von der Übertragungsglied 26 entkoppelt wird. Die Vorsprünge 23,30 können mit geeigneten Einlauf-Schrägen versehen sein, so dass gewährleistet ist, dass die Vorsprünge 23,30 an den einander zugeordneten Flächen (unabhängig von der Lage in Längsrichtung dieser Bauteile zueinander) hintereinander verschränkt werden können und sich so hintergreifen. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass nicht erst die Kupplungswelle 21 den Abstand a überwinden muss, ehe sie an dem Betätigungsbauteil 5 mechanisch angreift. Hierdurch wird ein Leerweg in der Größenordnung des Abstandes a vermieden.

Die Wirkungsweise der Weiterbildung nach Fig. 3 und 4 lässt sich kurz wie folgt angeben. Ist die Kupplung 20 im Normalbetrieb, geht der Kraftfluss von dem Bremspedal 1 über die Kupplungswelle 21 in die Übertragungsglied 26 und letztlich in die Feder 28, welche sich am Gehäuse 32 abstützt. Die Verbindung zwischen Kupplungswelle 21 und Übertragungsglied 26 (Normalbetrieb) oder Kupplungswelle 21 und Betätigungsbauteil 5 (Rückfallebene) erfolgt über speziell ausgeformte Vorsprünge 23,30,33,34, welche beispielsweise als Gewindestränge ausgebildet sind. Auf diese Weise ist gewährleistet, dass im Normalzustand die Kupplungswelle 21 über das Betätigungsbauteil

5 gleiten kann und die Kupplungswelle 21 mit der Übertragungsglied 26 verbunden ist. Die Kupplungswelle 21 kann durch einen Verstellantrieb begrenzt verdreht werden. Auf diese Weise wird erreicht, dass die Kupplungswelle 21 entweder mit der Übertragungsglied 26 im Kraftfluss steht, oder in der Rückfallebene mit dem Betätigungsbauteil 5. Bei einem Energieausfall wird die Kupplungswelle 21 durch einen Rückstellmechanismus so verdreht, dass die Vorsprünge 23,30 zwischen Betätigungsbauteil 5 und Kupplungswelle 21 im Eingriff sind. Die Bremspedalkraft wird somit direkt in Richtung des Verstärkers 6 oder des Hauptbremszylinders 11 durchgeleitet. Die Vorsprünge 33,34 zwischen Kupplungswelle 21 und Übertragungsglied 26 sind dabei nicht mehr im Eingriff und somit kann die Kupplungswelle 21 durch die Übertragungsglied 26 durchgleiten.

Durch die Konstruktion wird sichergestellt, dass beim Übergang in die Rückfallebene bei bereits getretenem Bremspedal 1 kein Bremspedalweg verloren geht und somit die Bremswirkung bzw. der Druck in den Bremsleitungen erhalten bleibt. Wird im Normalbetrieb das Bremspedal 1 getreten, wird dies von einer Fahrerwunscherkennung sensiert und der nachgeschaltete Verstärker 6 aktiviert. Dadurch wird das Betätigungsbauteil 5 von der Kupplungswelle 21 weggezogen, so dass sich diese beiden Wellen im Normalfall nicht berühren. Das gleiche gilt bei dem Lösen der Bremse. Die Kupplungswelle 21 wird schnell genug in die Ausgangslage gefahren, so dass eine Berührung zwischen Kupplungswelle 21 und Betätigungsbauteil 5 vermieden wird. Für die Feder 28 können sämtliche gängige Federsysteme wie beispielsweise Spiralfedern, Elastomerfedern, Tellerfedern, Blattfedern und Tellerfedern die wie Blattfedern zusammengefasst sind, verwendet werden. Der Vorteil dieser Weiterbildung liegt in der modularen Bauweise, wodurch sie bei

verschiedenen Verstärkerlösungen verwendet werden. Zusätzlich wird im Gegensatz zum bisherigen EHB-System in der Rückfallebene kein Bremspedalweg verloren. Hinzu kommt, dass es sich bei dieser Lösung um ein „trockenes„ System handelt und somit auch im Fahrgastraum integriert werden kann. Es handelt sich somit um einen Simulator mit integrierter Kupplung um im Normalbetrieb das Bremspedalgefühl über eine Feder 28 zu erzeugen und in der Rückfallebene einen Durchgriff zum Hauptbremszylinder 11 zu ermöglichen. Statt der Gewindestränge können auch Kugelreihen verwendet werden, über die dann der Kraftfluss, ähnlich wie bei Kugelgewindetrieben, erfolgt.

Eine Lösung zur elektromotorischen Betätigung eines Hauptbremszylinder 11 mittels einem Kugelgewindetrieb 43 ist in Fig. 5 dargestellt. Eine Bewegung eines by-wire-Bremspedals 1 wird sensorisch 3 erfasst und das Signal einer nicht dargestellten Steuereinheit zugeführt. Weil das Bremspedal 1 mechanisch entkoppelt ist (Abstand a) verspürt der Fahrer lediglich Rückwirkungskräfte, welche infolge eines Simulators 2 erzeugt werden. Die Steuereinheit 4 bewirkt die Bestromung eines Elektromotors 44, was zu einer Rotordrehbewegung führt, deren Bewegung mittels dem Kugelgewindetrieb 43 in eine axial gerichtete Verschiebungsbewegung einer rohrförmigen Hülse 45 umgewandelt wird, so daß auf diesem Wege ein Hydraulikkolben 46 (als nachgeschaltetes Betätigungsbauteil) des Hauptbremszylinders 11 betätigt wird. An dem Bremspedal 1 ist ferner wenigstens ein Betätigungsbauteil 47 angelenkt, welches innerhalb der rohrförmigen Hülse 45 verschiebbar angeordnet ist, und dessen Ende im unbetätigten Zustand sowie im by-wire-Modus einen Abstand a zu dem nachgeschalteten Betätigungsbauteil 46 (Hydraulikkolben) aufweist, was die Entkopplung bewirkt. In der Rückfallebene wird der Abstand a überwunden, und es erfolgt eine unmittelbar direkte Betätigung

über das Bremspedal 1 und die beiden Betätigungsbauteile 37,47.

Die Ausführungsformen gemäß Fig. 6 und 7 verfügen über eine prinzipiell miteinander übereinstimmende Kupplung 48 zur Reduktion des Leerweges a in der Rückfallebene. Obwohl diese Kupplung 48 in Fig. 6 in Verbindung mit einem Vakuumbremskraftverstärker 6 dargestellt ist, können wie bereits beschrieben unterschiedliche Verstärkerkonzepte wie insbesondere hydraulische Verstärker Verwendung finden.

Gemäß Fig. 6 ist die Kupplung 48 zwischen den beiden Betätigungsbauteilen 37,47 vorgesehen, und verfügt über einen blockförmigen Körper 40, welcher derart formschlüssig in den Abstand a einbringbar ist, daß der Leerweg a formschlüssig überbrückt wird. Die Anordnung ist einem Türriegel vergleichbar, und der Körper 40 wird in der Rückfallebene infolge fehlender Bestromung einer rückhaltenden Vorrichtung zwecks Leerwegreduktion automatisch zwischen die beiden Betätigungsbauteile 37,47 geschoben. Als Antrieb ist in diesem Zusammenhang eine elastisch vorgespannte Feder 41 vorgesehen, welche den Körper 40 in den Zwischenraum drängt. Die Funktion der Vorrichtung gemäß Fig. 7 stimmt mit Ausnahme des Verstärkers damit überein.

Der anhand Fig. 7 beispielhaft verdeutlichte hydraulische Verstärker umfasst eine aus dem Behälter 12 ansaugende motorgetriebene Pumpe 53, welche einen Hochdruckspeicher 54 speist. Zur Druckerhöhung kann der Hochdruckspeicher 54 eine Druckkammer 55 füllen. Die Druckregelung erfolgt mittels einem stromlos geschlossenen Elektromagnetventil (SG) und einem stromlos geöffneten Elektromagnetventil (SO) in einem Behälterabzweig. Nur durch Öffnen des SG-Ventiles kann Volumen aus dem Hochdruckspeicher 54 in die Druckkammer 55 abgelassen

werden. Vor dem SG-Ventil und nach dem SG-Ventil ist jeweils ein Drucksensor DS 1 und DS 2 angeordnet, wobei DS 1 eine Speicherfüllstandüberwachung zwecks Pumpeneinschaltung und DS2 die Druckregelung in den den Bremskreisen ermöglicht.

Die Fig. 8 verdeutlicht ein by-wire-Bremsbetätigungssystem mit einem elektronisch betätigbaren, pneumatischen Bremskraftverstärker 6 in Verbindung mit zwei elektromechanisch über eine gesonderte Elektronikeinheit (50,ECU) ansteuerbaren elektromechanischen Radbremsen 49 für eine Hinterachse, und mit zwei elektrohydraulisch ansteuerbaren Radbremsen 16 für eine Vorderachse. Die hydraulischen Radbremsen 16 der Vorderachse werden über eine Verteilvorrichtung (Hydraulikeinheit, HCU;10)) gespeist, welche wiederum über eine Elektronikeinheit 4 (ECU) angesteuert wird. Dieser ECU werden Signale eines (Membran)Wegsensors 17 und eines Drucksensors 18 zugeführt, welcher in dem Bremskreis der vorderen Radbremsen 16 angeordnet ist. Des weiteren erhält die ECU 4 die Signale von zwei Weg- oder Drehsensoren 3,51 welche dem Bremspedal 1 und einem Simulator (Force-Feedback-Pedal) 2 zur Erzeugung von Rückwirkungskräften zugeordnet sind. Ein Bremslichtschalter 52 speist ebenfalls sein Signal in die ECU 4 ein. Die ECU 4 bewirkt zusammen mit dem Verstärker 6 und der Verteilvorrichtung 10 die Versorgung der hydraulischen Radbremsen 16 mit dem erforderlichen hydraulischen Druck und ermöglicht ferner eine fahrerunabhängige Ansteuerung des Bremskraftverstärkers 6 wie auch die Ansteuerung des Simulators 2.

Bezugszeichenliste

- 1 Bremspedal
- 2 Simulator
- 3 Betätigungssensor
- 4 Elektronikeinheit
- 5 Eingangsglied
- 6 Verstärker
- 7 Anschluss
- 8 Antrieb
- 9
- 10 Verteilvorrichtung
- 11 Hauptbremszylinder
- 12 Behälter
- 13 Ventilschaltung
- 14 Pumpenmotor
- 15
- 16 Radbremsen
- 17 Wegsensor
- 18 Drucksensor
- 19 Motor
- 20 Kupplung
- 21 Kupplungswelle
- 22 Reihen
- 23 Vorsprung
- 24 Mantelfläche
- 25 Längsbohrung
- 26 Übertragungsglied
- 27 Konsole
- 28 Feder
- 29 Membranteller
- 30 Vorsprung
- 31 Reihe

- 32 Gehäuse
- 33 Vorsprung
- 34 Vorsprung
- 35 Mantelfläche
- 36 Bauteil
- 37 Betätigungsbauteil
- 38 Mittel
- 39 Aktuator
- 40 Körper
- 41 Feder
- 42 Elektromagnet
- 43 Kugelgewindetrieb
- 44 Elektromotor
- 45 Hülse
- 46 Hydraulikkolben
- 47 Betätigungsbauteil

- 49 elektromechanische Radbremse
- 50 Elektrikeinheit
- 51 Weg- oder Drehsensor
- 52 Bremslichtschalter
- 53 Pumpe
- 54 Hochdruckspeicher
- 55 Druckkammer

- SG Elektromagnetventil
- SO Elektromagnetventil
- DS1 Drucksensor
- DS2 Drucksensor

Patentansprüche

1. By-Wire-Bremsbetätigungsvorrichtung zur Betätigung einer Kraftfahrzeugbremsanlage, mit mittels einem Bremspedal (1) beaufschlagbarem Simulator (2), wobei ein Ausgangssignal eines Betätigungssensors (3) einer Elektronikeinheit (4) zugeführt wird, welche in Abhängigkeit von dem Signal des Betätigungssensors (3) eine Druckquelle ansteuert, und wobei ein Ausgang der Druckquelle mit einer Verteilvorrichtung (10) für die Bremskraft verbunden ist, und einzelne Radbremsen (16) des Fahrzeugs betätigt, sowie mit Mitteln zur Ermöglichung einer muskelkraftbetriebenen Bremsbetätigung innerhalb einer Rückfallebene, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen einem ersten Betätigungsbauteil (47) wie insbesondere dem Bremspedal (1) oder einem an dem Bremspedal (1) angelenkten Bauteil (36;21) und einem im Kraftfluß nachgeschalteten zweiten Betätigungsbauteil (37) wie insbesondere einem Eingangsglied (5) ein Leerweg (a) vorgesehen ist, um das erste Betätigungsbauteil (47) in einem by-wire-Modus mechanisch von Kraftrückwirkungen der Kraftfahrzeugbremsanlage zu entkoppeln.

2. By-Wire-Bremsbetätigungsvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Mittel (38) vorgesehen ist, um den Leerweg (a) nach einem by-wire-Modus zu Beginn einer muskelkraftbetriebenen Bremsbetätigung automatisch zu reduzieren.

3. By-Wire-Bremsbetätigungsvorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Mittel (38) mittels eines elektrischen, elektromagnetischen, hydraulischen oder pneumatischen Aktuators (39) angesteuert ist, welcher in der Rückfallebene automatisch

in eine Schließstellung zur Reduktion des Leerweges (a) gelangt.

4. By-Wire-Bremsbetätigungsvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel (38) als Kupplung (20) zwischen den beiden Betätigungsbauteilen (47,37) vorgesehen ist.

5. By-Wire-Bremsbetätigungsvorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Mittel (38) einen blockförmigen Körper (40) aufweist, welcher den Leerweg (a) zwischen den Betätigungsbauteilen (47,37) formschlüssig überbrückt.

6. By-Wire-Bremsbetätigungsvorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Aktuator (39) eine Feder (41) zur elastischen Vorspannung des blockförmigen Körpers (40) sowie einen Elektromagneten (42) zum Rückführen oder Rückhalten des blockförmigen Körpers (40) in der Öffnungsstellung aufweist.

7. By-Wire-Bremsbetätigungsvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Druckquelle einen hydraulischen Verstärker mit mindestens einer hydraulischen Pumpe (53) umfasst, welche im by-wire-Modus durch elektrische Signale ansteuerbar ist, und dass die Betätigung in der Rückfallebene hydraulisch über einen Hauptbremszylinder (11) erfolgt.

8. By-Wire-Bremsbetätigungsvorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Pumpe (53) einen Hochdruckspeicher (54) speist.

9. By-Wire-Bremsbetätigungsvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Druckquelle einen pneumatischen Verstärker (6) umfasst, welcher im by-wire-Modus durch

elektrische Signale und in der Rückfallebene mechanisch durch die Betätigungsbauteile (47,37) ansteuerbar ist.

10. By-Wire-Bremsbetätigungsvorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Druckquelle einen pneumatischen Verstärker (6) und zusätzlich eine hydraulische Pumpe (53) aufweist, welche beispielsweise bei Defekt des pneumatischen Verstärkers (6) oder bei nicht ausreichender Verstärkung angesteuert wird.

11. By-Wire-Bremsbetätigungsvorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Druckquelle einen elektromotorisch angetriebenen Hauptbremszylinder aufweist.

12. By-wire Bremsbetätigungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 7 - 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein oder mehrere Sensoren, insbesondere ein Wegsensor (17), ein pneumatischer Drucksensor oder Differenzdrucksensor in dem pneumatischen Verstärker (6) und/oder ein hydraulischer Drucksensor (18) in einem Bremskreis vorgesehen ist, welche Abweichungen von Sollwerten detektieren, und dass die Elektronikeinheit (4) auf Grund festgestellter hinreichender Abweichungen eine Fehlfunktion wie beispielsweise Lufteinschluss oder Kreisausfall in der Bremsanlage erkennt und geeignete Sicherheitsprozesse, wie insbesondere die Rückfallebene, auslöst.

13. By-wire Bremsbetätigungsvorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wegsensor (17) und/oder Drucksensor/Differenzdrucksensor einen Aussteuerpunkt des Verstärkers (6) erkennt und daß über die Elektronikeinheit (4) die hydraulische Pumpe (53) gestartet wird.

14. By-wire Bremsbetätigungsvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Simulator (2) einen Motor (19) oder eine Feder (28) aufweist, welche zur Erzeugung von Rückwirkungskräften dient.

15. By-wire Bremsbetätigungsvorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lage des Angriffspunktes des Bremspedals (1) gegenüber dem nachgeschalteten Betätigungsbauteil (5) verstellbar ist.

16. By-wire Bremsbetätigungsvorrichtung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bremspedal (1) mit einer in ihrer Längsrichtung drehbar gelagerten Kupplungswelle (21) verbunden ist, die gegen das Eingangsglied (5) in Abhängigkeit von ihrer Drehlage gegenüber dem Eingangsglied (5) längs verschiebbar ist oder mit dem Eingangsglied (5) in axialer Richtung in Eingriff steht.

17. By-wire Bremsbetätigungsvorrichtung nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** sowohl die Kupplungswelle (21) als auch das Eingangsglied (5) mit in deren Längsrichtung in einer Reihe (22,31) hintereinander liegenden Vorsprüngen (23,30) versehen sind, wobei in einer ersten Drehlage der Kupplungswelle (21) gegenüber dem Eingangsglied (5) die Vorsprünge (23,30) von der Kupplungswelle (21) und dem Eingangsglied (5) außer Eingriff sind und wobei bei einer zweiten Drehlage mindestens ein Vorsprung (30) der Kupplungswelle (21) mit einem Vorsprung (23) des Eingangsglieds (5) in Eingriff ist.

18. By-wire Bremsbetätigungsvorrichtung nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem vorgegebenen Winkel-Abstand über einen Umfang des Eingangsglieds (5) und der

Kupplungswelle (21) verteilt mehrere Reihen (22,31) von Vorsprüngen (23,30) vorgesehen sind.

19. By-wire Bremsbetätigungsvorrichtung nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kupplungswelle (21) mit einer zum Eingangsglied (5) hin offenen Längsbohrung (25) versehen ist, in welche ein Ende des Eingangsglieds (5) ragt und dass Mantelflächen (24,35) des Endes des Eingangsglieds (5) und der Längsbohrung (25) in der Kupplungswelle (21) die Vorsprünge (23,30) tragen.

20. By-wire Bremsbetätigungsvorrichtung nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kupplung (20) mit einer Feder (28) versehen ist, die sich mit ihrem ersten Ende an einem Gehäuse (32) der Kupplung (20) und mit ihrem zweiten Ende an einem Übertragungsglied (26) abstützt, wobei das Übertragungsglied (26) mit der in ihrer Längsrichtung drehbar gelagerten Kupplungswelle (21) verbindbar ist, wobei die Kupplungswelle (21) gegen das Übertragungsglied (26) in Abhängigkeit von ihrer Drehlage gegenüber dem Übertragungsglied (26) längs verschiebbar ist oder mit dem Übertragungsglied (26) in axialer Richtung über Vorsprünge (33,34) in Eingriff steht.

21. By-wire Bremsbetätigungsvorrichtung nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kupplungswelle (21) in mindestens einer ersten Drehlage in Eingriff mit dem Eingangsglied (5) und außer Eingriff mit dem Übertragungsglied (26) steht und in mindestens einer zweiten Drehlage außer Eingriff mit dem Eingangsglied (5) und in Eingriff mit dem Übertragungsglied (26) steht.

Zusammenfassung

Bremsbetätigungsvorrichtung

Die Erfindung betrifft eine By-Wire-Bremsbetätigungsvorrichtung zur Betätigung einer Kraftfahrzeugbremsanlage, mit mittels einem Bremspedal 1 beaufschlagbarem Simulator 2, wobei ein Signal eines Betätigungssensors 3 einer elektronischen Steuerung 4 zugeführt wird, welche in Abhängigkeit von dem Signal des Betätigungssensors 3 eine Druckquelle ansteuert, und wobei ein Ausgang der Druckquelle mit einer Verteilvorrichtung 10 für die Bremskraft verbunden ist, und einzelne Radbremsen 16 des Fahrzeugs betätigt, sowie mit Mitteln zur Ermöglichung einer muskelkraftbetriebenen Bremsbetätigung innerhalb einer Rückfallebene.

Um bei einer by-wire-Bremsbetätigungsvorrichtung eine verbesserte Rückfallebene zu ermöglichen, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, zwischen einem ersten Betätigungsbauteil 47 wie insbesondere einem Bremspedal 1 oder einem daran angelenkten Bauteil 36;21 und einem im Kraftfluß nachgeschalteten Betätigungsbauteil 37 wie insbesondere einem Eingangsglied 5 einen Leerweg (a) vorzusehen, um das erste Betätigungsbauteil 47 in einem by-wire-Modus mechanisch von Kraftrückwirkungen der Kraftfahrzeugbremsanlage zu entkoppeln.

(Fig. 2)